

Purwarupa kWh Meter Prabayar Berbasis Sensor Network

Muhamad Ervan Lutfi^{*1}, Abdul Rouf²

¹Prodi Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM

e-mail: ^{*1}lutfi.ervan@yahoo.com, ²rouf@ugm.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan teknologi kWh meter prabayar berbasis sensor network". Sistem ini mengimplementasikan kWh meter prabayar dengan menggunakan sensor network sebagai penghubung antara satu kWh pelanggan dengan kWh pelanggan lainnya yang dinilai akan efektif, dan efisien dalam mendistribusikan data pemakaian energi listrik setiap pelanggan, outputnya kemudian di tampilkan di web browser.

Dari hasil percobaan dapat diketahui bahwa Sensor Arus dari kedua node client ini memiliki nilai kesalahan pengukuran arus listrik yang dapat disimpulkan bahwa pada sensor arus pada node client pertama lebih kecil nilai kesalahannya dibandingkan dengan node client yang kedua, Sensor Tegangan dari kedua node client ini memiliki nilai kesalahan pengukuran arus listrik yang dapat disimpulkan bahwa pada sensor arus pada node client kedua lebih kecil nilai kesalahannya dibandingkan dengan node client yang pertama, dan sistem perhitungan nilai kWh ini memiliki nilai kesalahan perhitungan pada node client 1 sebesar $0,004444 \pm 0,001721$ kWh, dan pada node client 2 sebesar $0,00556 \pm 0,00443$ kWh. Sistem ini berhasil dibuat dengan baik, serta dapat diketahui bahwa data dapat diterima dengan secara dua arah baik dari end device (node client) ke coordinator (node server). Sistem ini juga berhasil menampilkan data pada antarmuka Web Browser.

Kata kunci— kWh Meter, Sensor Network, XBee, Web Browser.

Abstract

A prototype of prepaid kWh meter based on sensor network technology has been developed. The prototype consist of several prepaid kWh meter connected each other. This prototype propose to be efficient, and effective in distributing electric energy consumption data every customer, and then displayed on the web browser.

The experimental results it can be seen that the current sensor of both the client node has the value of the electric current measurement errors can be concluded that the current sensor on the first client node is smaller than the value errors second client nodes, voltage sensor of both the client node has a value error of measurement of electric current that can be inferred that the current sensor on both the client node is smaller than the value errors first client node, and the system's calculation of kWh value calculation error on the client node 1 at 0.004444 ± 0.001721 kWh, and on the client node 2 of 0.00556 ± 0.00443 kWh. The system is well made. node that the data can be well-received from the end device (client node) to the coordinator (server node). The system also displays the data on the Web Browser interface successfully.

Keywords— kWh Meter, Sensor Network, XBee, Web Browser

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi, dan informasi tidak lepas dari energi listrik. Perusahaan yang menyediakan energi listrik di Indonesia adalah perusahaan listrik negara (PLN). Besaran

energi listrik dapat diketahui dengan menghitung dayanya yang digunakan dalam menghidupkan beberapa peralatan elektronik, untuk itu dibutuhkan sebuah alat yang disebut kWh (kilo Watt hours) meter. Dahulu sistem kWh meter di PT.PLN masih menggunakan kWh meter *analog*, akan tetapi pada masa sekarang ini menggunakan sistem kWh meter *digital* yang bisa digunakan sistem Prabayar [1].

Perusahaan penyedia layanan listrik (PT.PLN) mendapatkan kemudahan dalam mengawasi, dan mengontrol aliran daya pada layanan distribusi energi listrik di setiap pelanggannya. Data yang dikirim dari setiap pelanggan dapat ditampilkan di *web browser*. Dengan keterbukaan layanan informasi tersebut dapat memudahkan bagi pelanggan, dan perusahaan penyedia layanan energi listrik.

Pekerjaan pencatatan pemakaian energi listrik yang dilakukan oleh petugas PT.PLN dinilai kurang efektif di masa sekarang ini [2]. Kesalahan pencatatan yang dilakukan oleh petugas sangat memungkinkan sehingga, terdapat kerugian di kedua belah pihak, baik pihak pelanggan maupun pihak penyedia layanan listrik. Penulis memberikan solusi melalui sistem pelayanan listrik yang akan ditampilkan di *web browser*, agar meminimalisir terjadinya *human error*.

Setelah melihat berbagai permasalahan diatas maka diperlukan suatu sistem yang berguna untuk memonitor pemakaian daya listrik disetiap rumah tangganya agar pelayanan kepada konsumen pemakai layanan energi listrik meningkat [3]. Penggunaan sensor *network* sebagai penghubung antara satu kWh pelanggan dengan kWh pelanggan lainnya dinilai efektif, dan efisien dalam mendistribusikan data pemakaian energi listrik setiap pelanggan dan kemudian di tampilkan di *web browser* [4].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Analisis Sistem

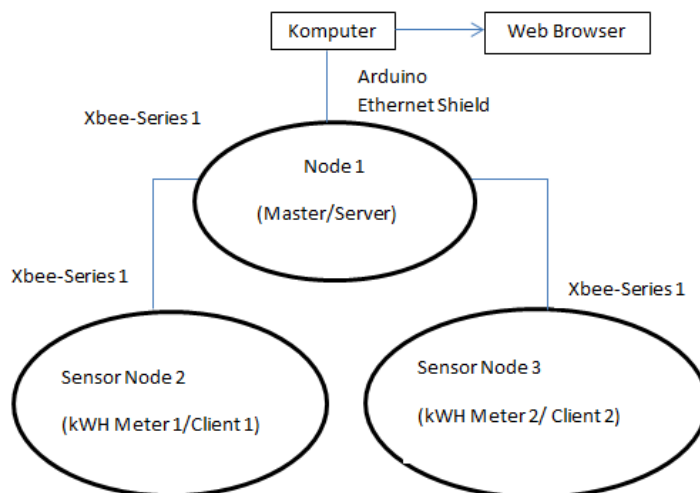
Sistem yang akan dirancang penulis adalah untuk membantu meyakinkan konsumen agar meningkatkan kualitas pelayanan pemakai layanan energi listrik yang dikonsumsi. Peningkatan kualitas layanan itu dilakukan dengan monitoring pemakaian energi listrik konsumen melalui *web browser* [1]. Transmisi datanya menggunakan *Wireless Sensor Network* (WSN) yang merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor (node sensor) yang diletakkan ditempat-tempat yang berbeda untuk memonitoring kondisi suatu rancangan.

2.2. Perancangan Sistem

Parameter energi listrik yang akan dimonitoring adalah pemakaian daya, dan pemakaian pulsa Prabayar milik pelanggan. Menggunakan beberapa sensor yaitu, *trafo* tegangan (step down), sensor tegangan yang menggunakan sistem *voltage divider* (pembagi tegangan), dan sensor arus ACS312 30 *Ampere*. Aliran datanya dimulai dari setiap sensor node akan mendeteksi obyek, serta mengirimkan datanya dengan nirkabel (Xbee-Series 1) secara *broadcast* kepada *node master* yang bertindak sebagai *server*. Untuk transmisi aliran datanya dari setiap sensor nodenya dikirim menggunakan secara nirkabel menggunakan Xbee Series 1 secara *broadcast* serta komunikasi dua arah dari *node* yang bertindak *server* kepada *node* yang bertindak sebagai *client*, kemudian ditampilkan melalui *web browser*. Konsumen dapat mengakses data pemakaian energi listriknya melalui *web browser*. Pada *web browser* tersebut akan ditampilkan data-data nilai pemakaian energi listrik di setiap pelanggan sesuai waktu, dan lokasinya yang ingin ditampilkan. Dengan sistem ini maka kualitas layanan jasa penyedia energi listrik akan meningkat karena pelanggan akan mengetahui pemakaian energi listrik setiap bulannya.

Pada Gambar 1 ditunjukkan konfigurasi dari sistem WSN. Jaringan sensor nirkabel merupakan suatu jaringan yang mana terdapat beberapa sensor yang diletakkan di beberapa tempat berbeda. Sensor – sensor tersebut akan menyensor obyek, dan mengirim data tersebut

dengan nirkabel secara *broadcast* melalui Xbee Series 1. Obyek yang disensor adalah tegangan, dan arus, pada beberapa titik jalur distribusi yang mana setiap titik tersebut memberi energi listrik ke beberapa rumah.



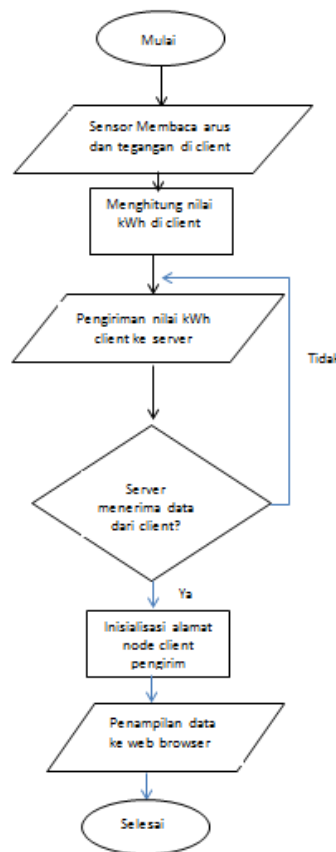
Gambar 1 Blok diagram sistem keseluruhan

Pada Gambar 1 diatas menjelaskan bahwa tegangan dan arus yang disensor akan dijadikan inputan pada ADC *internal* dari *mikrokontroller*. Data – data dari ADC tersebut, beserta waktu penyimpanannya (menggunakan RTC) akan dikirimkan melalui Xbee Series 1. Setelah terkumpul beberapa data, data – data tersebut akan dikirim secara nirkabel ke *node* yang bertindak sebagai *server* menggunakan Xbee Series 1. Di sisi *node server* akan mengirim data – data dari beberapa *node* tadi ke komputer dan akan ditampilkan di *web browser*. *Output* dari sensor arus, dan sensor tegangan, cukup bagus untuk dikirimkan secara nirkabel karena perubahannya cukup *linier* dan sebanding dengan perubahan pada sisi *input* [1].

Pada *node server*, hampir sama dengan sensor node, namun bedanya, *node server* memanfaatkan 2 buah komunikasi *serial*, yang pertama untuk berkomunikasi dengan sensor-sensor *node* yang lain. Pada *web browser* akan ditampilkan data tersebut dan di *publish* agar konsumen mengetahui kualitas energi listrik yang ada melalui web browser. Dalam hal ini dapat dijadikan bahan evaluasi bagi penyedia energi listrik untuk peningkatan pelayanan penyediaan energi listrik.

2.2.1. Rancangan Perangkat Lunak

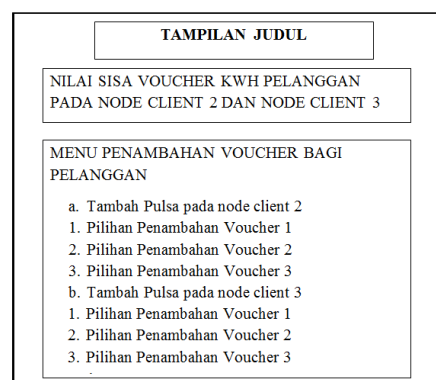
Perancangan perangkat lunak pada sistem ini adalah perancangan program yang akan digunakan oleh sistem Purwarupa kWh meter prabayar berbasis sensor *network*. Gambar diagram alir 2 di bawah ini dirancang hanya akan meneruskan data dari yang diberikan oleh *node client* dan diterima oleh *node server*. Data dari komunikasi antar *node* akan menjadi fokus dari penelitian kali ini. Dengan menggunakan XBee Series 1 akan dibuat sistem nirkabel yang mampu mendeteksi, dan mengambil data dari *client* dan ditampilkan ke *web browser* oleh *server*. Penjelasan dari diagram alir pada gambar 4.13, ini mula-mula sensor di *node client* akan membaca nilai arus dan tegangan yang diterima. Kemudian mikrokontroler akan menghitung nilai kWh dengan rumus $W = V \cdot I \cdot t$, dan menghitungnya yang ditampilkan melalui LCD di setiap *node client*nya. Data nilai kWh dari *client* kemudian dikirimkan keserver melalui Xbee. Setelah server menerima data nilai perhitungan kWh datanya kemudian ditampilkan melalui *web browser*.



Gambar 2 Diagram Alir Pengiriman Data dari *Node Client* ke *Node Server*

2.2.2. Rancangan Antarmuka Sistem

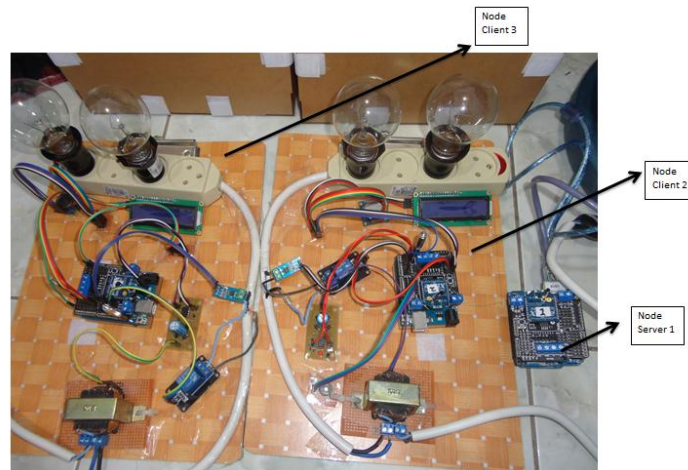
Sistem sensor *network* yang dirancang oleh penulis bisa menginput *voucher* melalui *Web Browser* pada setiap *node client*nya. Agar bisa menginput *voucher* melalui *web browser* tersebut maka diperlukan sebuah tampilan yang bisa membantu melakukan berbagai hal itu. Sesuai dengan rancangan tampilan pada Gambar 3 terdapat beberapa informasi penting yang perlu dijelaskan oleh penulis. Tampilan judul digunakan untuk tempat memberikan judul. *Form* menu nilai sisa pulsa pelanggan pada *node client* 2 dan *node client* 3 menjelaskan tentang bahwa tampilan pada *web browser* bisa mengetahui nilai sisa pulsa di kedua *node client*nya. *Form* menu penambahan *voucher* bagi pelanggan yang dimaksudkan untuk melakukan penambahan *voucher* dengan tiga pilihan nilai besarnya *voucher* yang di tawarkan agar bisa menambahkan *voucher* tiap nodenya.



Gambar 3 Tampilan Rancangan pada *Web Browser*

2.3. Implementasi Perangkat Keras Sistem

Pada bagian ini dijelaskan perancangan perangkat keras yang digunakan setiap *node* baik *node server* maupun *node client* yang semuanya digunakan dalam penelitian ini. Implementasi dari *Processing Unit*, dan *Communication Unit* yang dirancang oleh penulis dibagi menjadi dua yaitu pada *node server*, dan pada dua buah *node client*.

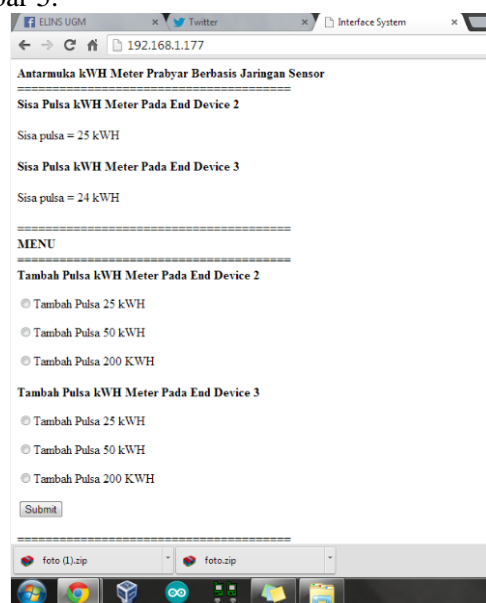


Gambar 4 Implementasi Sistem Secara Keseluruhan

Pada Gambar 4 di atas menjelaskan tentang hardware yang berada di *node server*. *Node server* terdiri dari *Arduino Uno Rev 3*, *Arduino I/O Shield*, *Arduino Ethernet Shield* dengan *Wiznet* sebagai *prosesor* komunikasi datanya, *Xbee Series 1* sebagai komunikasi datanya, dan kabel RJ 45 yang di *cross over* sebagai kabel penghubung agar datanya bisa ditampilkan melalui *web browser*. Pada Gambar 4 di atas yang menjelaskan tentang hardware apa saja yang dipakai dalam pembuatan *node client*. *Node client* terdiri dari beberapa komponen seperti lampu 100 W (beban), LCD, *Arduino I/O Shield*, RTC (Real Time Clock), *Xbee Series 1*, Sensor Tegangan, *ArduinoUno*, Kabel Listrik, Papan sebagai alas, *trafo step down* 220 V ke 9 V, *Alarm buzzer*, Kabel penghubung, *Relay*, dan Sensor Arus.

2.4. Implementasi Perangkat Lunak Sistem

Tampilan yang dirancang oleh penulis, yang diimplementasikan pada *web browser* dapat dilihat melalui Gambar 5.



Gambar 5 Implementasi Antarmuka Sistem

Pada Gambar 5 menjelaskan tentang implementasi antarmuka sistem yang bisa terlihat melalui *web browser*. Pada baris pertama menjelaskan *header* (judul), sedangkan baris selanjutnya menampilkan nilai sisa pulsa dari kedua *end device* (node client). Dalam fungsi Menu penambahan pulsa bisa mengisi pulsa *voucher* di kedua *node client*nya. Variasi penambahan pulsa vouchernya yaitu 25 kWh, 50kWh, dan 200 kWh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Jarak Jangkauan Transmisi Data

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai hasil pengujian pada penelitian dari purwarupa kWh meter Prabayar berbasis sensor *network* ini baik secara keseluruhan maupun melalui *node-pernode*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak pengiriman data dari masing-masing jenis XBee. Pada penelitian ini digunakan tiga buah XBee seri satu, yaitu XBee dengan menggunakan jenis antena U.FL, dan sebagai penerimanya xbee seri satu digabungkan dengan *arduino ethernet shield* agar bisa ditampilkan melalui *web browser*. Dari hasil data yang didapatkan, pengiriman paket data dipengaruhi oleh jarak jangkauan penerima datanya selain itu juga dipengaruhi oleh jenis penghalang yang menghalangi transmisi data. Sesuai *datasheet* Xbee series 1 bisa mengirimkan data sejauh 90 meter untuk *outdoor* dan 30 meter untuk *indoor* ke setiap Xbee yang lainnya. Hasil uji transmisi data dapat dilihat pada Tabel 1, dan Tabel 2

Tabel 1 Hasil Uji Tranmisi Data dengan Variasi Jarak Tanpa Penghalang dari *Node Server* ke kedua *Node Client*.

No	Jarak (meter)	Jumlah data yang diterima (dari 10 kali pengiriman)			
		<i>Node Client 1</i>	<i>Packet Loss (%)</i>	<i>Node Client 2</i>	<i>Packet Loss (%)</i>
1	10	10	0	10	0
2	20	10	0	10	0
3	30	10	0	10	0
4	40	10	0	8	20
5	50	8	20	9	10
6	60	8	20	6	40
7	70	4	60	4	60
8	80	3	70	3	70
9	90	2	80	1	90
10	100	0	100	0	100

Tabel 2 Hasil Uji Tranmisi Data dengan Variasi Jarak dengan Penghalang kayu setebal 1,5 cm.

No	Jarak (meter)	Jumlah data yang diterima (dari 10 kali pengiriman)			
		<i>Node Client 1</i>	<i>Packet Loss (%)</i>	<i>Node Client 2</i>	<i>Packet Loss (%)</i>
1	5	10	0	10	0
2	10	10	0	10	0
3	15	10	0	10	0
4	20	8	20	9	10
5	25	7	30	7	30
6	30	3	70	2	80
7	35	0	100	0	100
8	40	0	100	0	100
9	45	0	100	0	100
10	50	0	100	0	100

Dari hasil percobaan pada Tabel 1, dan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa pengujian dengan variasi jarak tanpa penghalang apapun terbukti memiliki kekuatan pengiriman data paling kuat diantara pengujian variasi jarak dengan penghalang, berupa penghalang kayu setebal 1,5 cm. Dari pengujian tanpa penghalang juga dapat diamati perbedaan yang cukup signifikan antara jarak jangkauan antara *datasheet* Xbee Series 1, dan pengujian langsung. Menurut *datasheet* Xbee Series 1 bisa mengirimkan data maksimal 90 meter pada *outdoor* akan tetapi pada kenyataannya Xbee Series 1 hanya bisa menjangkau jarak maksimumnya sebesar $10\% \pm 20$

% dari 10 kali pengiriman data. Setelah dianalisis, hal ini bisa terjadi karena beberapa hal diantaranya adalah adanya *noise*, dan posisi antenna XBee. Dalam pengiriman data jeda waktu pengiriman data harus dibuat secukupnya untuk setiap data yang dikirimkan, agar XBee disetiap *node* memiliki cukup waktu guna mempaket, dan mengirim datanya. Jika *node client* tidak dibatasi jeda waktu setiap pengiriman datanya, menyebabkan antrian mengirim setiap datanya terlalu cepat, maka data yang dikirimkan oleh XBee berkemungkinan besar rusak karena XBee memiliki waktu tertentu untuk bisa mengirimkan satu paket data. Setelah diteliti, ada beberapa penyebab yang dapat dijadikan perhatian. Diantaranya adanya *noise* dari perangkat sekitar lokasi pengujian, dan posisi antenna Xbee disaat mengirimkan data.

3.2. Pengujian Sensor Arus, dan Sensor Tegangan di Setiap Node Client

Sesuai dengan data pengujian pengukuran arus disetiap *node client* di bawah ini. Nilai sensitifitas sensor arus dari sistem kedua *node client* yang telah dilakukan kalibrasi, kemudian setelah itu penulis melakukan pengujian kembali untuk mendapatkan nilai pengukuran arus. Sesuai dengan Tabel 3 di bawah ini dapat dibaca nilai dari kesalahan pembacaan pada sensor arus pada *node client* pertama lebih kecil nilai kesalahannya dibandingkan dengan *node client* yang kedua. Hal tersebut diakibatkan oleh nilai kesensitifitasnya sensor arus *node client* pertama lebih baik daripada *node client* yang kedua. Dari hasil pengujian ini juga berdasarkan analisis dapat dijabarkan bahwa sesuai *datasheet* sensor ini dapat melakukan pengukuran hingga 30 A dengan perubahan ADC sebesar 13,52 dengan nilai terkalibrasi 0 A pada nilai ADC sebesar 512 bit. Berbagai data tersebut sesuai dengan perhitungan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Hasil pengujian Arus di setiap Node Client

P (W)	Nilai Arus Dari Pengukuran Alat (A)		Nilai Arus Dari Pengukuran Multimeter (A)	Error (A)		Error (%)	
	Node 1	Node 2		Node 1	Node 2	Node 1	Node 2
0	0	0	0	0	0	0	0
100	0,44	0,44	0,42	0,02	0,02	4,76	4,76
200	0,86	0,85	0,83	0,03	0,02	3,61	2,40
300	1,26	1,28	1,25	0,01	0,03	0,8	2,40
400	1,69	1,66	1,68	0,01	0,02	0,59	1,19
500	2,1	2,07	2,08	0,02	0,01	0,96	0,48

Dalam pengujian dua sensor tegangan yang berada dikedua *node client* yang berbeda, dan setelah mengkalibrasikanya dengan *multimeter* sebagai kalibratornya. Selanjutnya dilakukan pengujian kembali untuk mendapatkan nilai pengukuran tegangan dikedua nodenya. *Kalibrasi* sensor tegangan dilakukan dengan memberikan variasi tegangan dari 110V hingga 220 V. Variasi tegangan tersebut menggunakan alat *regulator stavolt AC* (arus bolak-balik) yang penulis lakukan di unit layanan elektronika, dan instrumentasi, serta menggunakan *multimeter analog* merek “sanwa” sebagai kalibratornya. Hasil dari pengujian dapat dilihat dari nilai kesalahan pembacaan dalam pengukuran tegangan pada *node client* pertama nilai kesalahannya lebih besar dari pembacaan kesalahan pengukuran tegangan pada *node client* kedua. Hal tersebut disebabkan oleh nilai kesensitifitas sensor tegangan *node client* kedua lebih baik dari nilai kesensitifitas sensor tegangan *node client* pertama. Pada pengujian tegangan di atas 220 V tidak dilakukan, karena keterbatasan alat uji yang berada di unit layanan elektronika, dan instrumentasi yang hanya bisa melakukan variasi tegangan dengan nilai maksimal 220 V, sehingga ini menjadi batasan tersendiri pada sensor tegangan yang digunakan oleh penulis. Data dari beberapa nilai kesalahan diatas merupakan hasil perhitungan dari data yang berada pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian Tegangan di setiap Node Client

Nilai Tegangan Dari Pengukuran Alat (Volt)		Nilai Tegangan Dari Pengukuran Multimeter (Volt)	Error (Volt)		Error (%)	
Node 1	Node 2		Node 1	Node 2	Node 1	Node 2
216,47	215,30	220	3,53	4,7	1,60	2,13
202,47	204,53	210	7,53	5,47	3,58	2,60
190,16	190,01	200	9,84	9,99	4,92	4,99
183,16	186,23	190	6,84	3,77	3,60	1,98
173,00	172,76	180	7,00	7,24	3,89	4,02
171,95	172,00	170	1,95	2,00	1,15	1,17
165,63	166,21	160	5,63	6,21	3,52	3,88
153,32	152,24	150	3,32	2,24	2,21	1,49
145,95	144,65	140	5,95	4,65	4,25	3,32
136,16	136,23	130	6,16	6,23	4,74	4,79
122,12	123,15	120	2,12	3,15	1,77	2,63
108,05	109,23	110	1,95	0,77	1,77	0,7

3.3. Pengujian Hitung KWh di Setiap Node Client.

Dalam pengujian perhitungan nilai kWh di setiap *node client* ini, parameter yang digunakan untuk membandingkan adalah besarnya nilai beban yang digunakan. Nilai beban dalam pengujian ini yaitu tiga buah lampu merk “dop” 100 watt di setiap *node client*nya. Proses instruksi pengambilan data uji dilakukan setiap 10 menit, dan pengujian dilakukan pada level ukuran kWh. Proses Perhitungan secara teori dilakukan dengan menggunakan rumus (1).

$$W = V.I.t \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan :

W = Energi listrik (kWh)
V = Tegangan (Volt)
I = Besarnya Arus (A)
t = Waktu (jam)

Pada perhitungan secara teori sesuai dengan rumus diatas, dapat diketahui nilai tegangan dianggap dalam keadaan *steady state* pada level 220 Volt dan beban yang digunakan atau nilai $P = V.I$ sebesar 300 W di kedua *node client*nya. Setelah menggunakan nilai tersebut maka dapat ditentukan nilai *ideal* pada perhitungan secara teori. Perbandingan Hasil perhitungan alat dan secara teori ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Pengujian Perhitungan nilai kWh meter prabayar di Node Client 1

t(menit)	Perhitungan Alat		Error (kWh)
	Sisa Pulsa (KWh)	Pemakaian energi listrik (kWh)	
0	25	-0,05	0,003333
10	24,95	-0,06	0,006667
20	24,89	-0,05	0,003333
30	24,84	-0,05	0,003333
40	24,79	-0,05	0,003333
50	24,74	-0,06	0,006667
Rata-rata		-0,053333	0,004444
Deviasi Standar			0,001721

Menurut data hasil pengujian yang ditunjukkan oleh Tabel 5, bisa dianalisis bahwa kesalahan pembacaan yang terjadi pada *level* perhitungan kWh pada *node client* 1 sebesar $0,004444 \pm 0,001721$ kWh. Nilai *error* ini bisa terjadi karena kemungkinan besar masih ada perhitungan dalam skala yang lebih kecil lagi yang hilang akibat pembulatan yang tidak dapat dihitung atau tidak terdeteksi. Hal ini terjadi karena pembulatan 2 angka yang menyebabkan terjadinya *numerical error* [1]. *Numerical error* artinya ada nilai dari komponen penghitung energi listrik yang tidak terhitung akibat dari pembulatan tersebut. Pada penelitian

selanjutnya, apabila dilakukan pengkonversian kembali kedalam nilai yang lebih kecil akan sangat tidak efektif, dan akan lebih baik apabila dilakukan penelitian pada bagian sensor dengan membuat atau menggunakan sensor dengan tingkat kepekaan yang lebih besar. Sehingga akan diperoleh perhitungan yang lebih akurat dengan tingkat kesalahan perhitungan yang lebih kecil.

3.4. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.

Pada sub.bab ini akan menjelaskan mengenai proses, dan hasil pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan dengan mengamati, mencatat, dan membahas hasil kerja dari sistem yang telah dibuat. Berdasarkan pengujian dari bagian-bagian sistem diatas, akhirnya dapat digabungkan sehingga membentuk suatu sistem secara utuh guna meneliti pengiriman data secara dua arah (bolak-balik) baik dari *node server* ke *nodeclient* maupun dari *node client* ke *node server*. Dari hasil penelitian yang dituliskan pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa pada sistem ini menggunakan komunikasi dua arah yaitu sistem komunikasi data dari *node server* ke kedua *node client*, dan dari dua *node client* ke satu *node server*. Pada tabel diatas jarak divariasikan dari 10 meter hingga 100 meter. Paket data yang dikirimkan merupakan *variabel* bebas didalam penelitian ini, maka dari itu penulis memilih untuk mengirimkan paket data sebesar sepuluh paket tiap *node client*nya. Dari hasil tabel diatas hasilnya dapat disimpulkan bahwa sistem komunikasi dua arah pada penelitian ini dapat bekerja dengan baik, dan hasil pengujianya bisa digunakan sebagai proses transmisi data pada penelitian selanjutnya. Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan lokasi di sekitar UGM.

Tabel 6 Pengujian Secara Keseluruhan dengan Variasi Jarak Tanpa Penghalang.

No	Jarak (meter)	Node Server Ke Node Client (10 kali pengiriman)				Node Client Ke Node Server (10 kali pengiriman)			
		Client 1	Loss (%)	Client 2	Loss (%)	Client 1	Loss (%)	Client 2	Loss (%)
1	10	10	0	10	0	10	0	10	0
2	20	10	0	10	0	10	0	10	0
3	30	10	0	10	0	10	0	10	0
4	40	10	0	9	10	9	10	9	10
5	50	9	10	8	20	9	10	7	30
6	60	7	30	6	40	6	40	5	50
7	70	6	40	5	50	5	50	6	40
8	80	4	60	2	80	4	60	3	70
9	90	2	80	2	80	1	90	2	80
10	100	0	100	0	100	0	100	0	100

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh penulis maka dapat diambil kesimpulan bahwa telah berhasil dibuat sistem purwarupa dua buah kWh meter prabayar dengan masukan *voucher* melalui *ethernet*, komunikasi datanya menggunakan Xbee yang berbasis sensor *network* dengan rincian hasil penelitian sebagai berikut:

1. Sistem ini dapat melakukan komunikasi antara sistem dengan PC menggunakan modul *ethernet* dengan tampilan informasi yang dapat diakses berupa nilai sisa pulsa, serta menu menambahkan pulsa.
2. Proses komunikasi data antar *node* dalam sistem ini akan lebih baik penerimaan datanya apabila, tidak ada penghalang apapun dalam proses pengiriman datanya, dan jarak antar nodenya relatif pendek.

3. Sensor Arus dari kedua *node client* ini memiliki nilai kesalahan pengukuran arus listrik yang dapat disimpulkan bahwa pada sensor arus pada *node client* pertama lebih kecil nilai kesalahannya dibandingkan dengan *node client* yang kedua. Hal tersebut diakibatkan oleh nilai kesensitifitasnya sensor arus *node client* pertama lebih baik daripada *node client* yang kedua.
4. Sensor Tegangan dari kedua *node client* ini memiliki nilai kesalahan pengukuran arus listrik yang dapat disimpulkan bahwa pada sensor arus pada *node client* kedua lebih kecil nilai kesalahannya dibandingkan dengan *node client* yang pertama. Hal tersebut diakibatkan oleh nilai kesensitifitasnya sensor arus *node client* kedua lebih baik daripada *node client* yang pertama.
5. Sistem perhitungan nilai kWh ini memiliki nilai kesalahan perhitungan pada *node client* 1 sebesar $0,004444 \pm 0,001721$ kWh, dan pada *node client* 2 sebesar $0,00556 \pm 0,00443$ kWh.
6. Secara keseluruhan sistem ini dapat melakukan *transmisi* data, pengukuran, dan pembacaan data hasil pengukuran dengan baik.

5. SARAN

Pada penelitian ini masih terdapat beberapa hal yang perlu disempurnakan. Berikut saran-saran yang disampaikan untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang sejenis.

1. Sistem ini dapat dikembangkan dengan menambahkan *keypad* disetiap *node client*nya sebagai alternatif lain untuk memasukan *voucher* pulsanya.
2. Sistem ini dapat dikembangkan kearah pengaksesan sistem melalui *mobile phone* secara *sms broadcast*, dan dapat dibuat sistem perekaman data dengan *database*.
3. Untuk dapat meningkatkan jarak jangkauan pengiriman data melalui XBee, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan diantaranya dalam pemilihan jenis XBee yang berkualitas, dan bentuk antenanya. Penulis menyarankan menggunakan *Xbee Pro* yang mempunyai jarak jangkauan sinyalnya lebih kuat daripada Xbee Series 1 agar bisa digunakan dalam sistem ini.
4. Sistem ini dapat dikembangkan dengan menambahkan PLC (Power Line Carrier) sebagai media *transmisi* datanya, agar proses *transmisi* datanya bisa berjalan dengan lancar dan cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewanto, P. 2012, Purwarupa Kwh Meter Prabayar Dengan Masukan *Voucher*, Tugas Akhir, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- [2] Arrosyid, H. dan Tjahjono, A. 2011. Implementasi *Wireless Sensor Network* untuk Monitoring Parameter Energi listrik, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [3] Erwin, I.M. 2012., "KWH Meter Dengan Sistem Prabayar" *In Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen* (KOMMIT 2002), pp. B-27-B-33, 2012.
- [4] Marimbun, S.A. 2008, Proyek Akhir, "Wireless Telemetry Daya Listrik Pada kWh Meter Digital Daya Rendah", PENS ITS.Surabaya.